

2) 環境研究グループ

2) - 1 政府統計データに基づく住宅エネルギー消費実態の分析 【持続可能】

Analysis of Residential Energy Use Based on Official Government Statistics

(研究開発期間 令和5~7年度)

環境研究グループ
Dept. of Environmental Engineering

羽原 宏美
HABARA Hiromi

When formulating measures to enhance residential building performance, it is essential to move beyond the conventional “standard household” model and incorporate perspectives that reflect the growing diversity of households. This study uses microdata from the Survey on CO₂ Emissions from the Residential Sector (Household CO₂ Statistics) conducted by the Ministry of the Environment, Japan, to examine inter-household variation in residential energy consumption and identify the key underlying factors.

【研究開発の目的】

住宅の省エネルギー基準においては、4人世帯（夫が会社員、妻が専業主婦、子供2人）が標準的な世帯として位置づけられている。しかしながら、近年は少子高齢化の進行等を背景として世帯構・規模は大きく変化しており、“夫婦と子供世帯”は2020（令和2）年には割合が低下し、多数派ではなくなった¹⁾。こうした世帯構・規模の変化は、住宅におけるエネルギー需要構造にも影響を及ぼしていると考えられる。そのため、今後、住宅の性能向上に向けた対策を検討するにあたっては、従来の標準世帯を前提とした議論にとどまらず、多様化する世帯実態を踏まえた新たな視点が求められる。

本研究開発では、環境省が実施する「家庭部門のCO₂排出実態統計調査（家庭CO₂統計）」²⁾の調査票情報を独自に分析し、住宅エネルギー消費の世帯間における差異およびその発生要因の解明に取り組んだ。

【研究開発の内容】

世帯間におけるエネルギー消費の差異について、「年間一次エネルギー消費量」「用途構成」の2つの観点から以下の分析を実施した（図1）。

①世帯間における差異に関する統計分析

世帯を「世帯類型」および「居住人数」に基づいて分類し、各グループ（以下、「世帯群」と記す）の年間一次エネルギー消費量の基礎統計量の算出、用途別構成比率の代表値の推定を行った。また、多重比較を行うことで世帯群間の統計的差異の有意性を検証した。

②機械学習を用いた差異の発生要因に関する分析

機械学習を適用し、家庭CO₂統計の調査票情報から得られる住宅、世帯、保有機器とその使い方などを説明変数として、年間一次エネルギー消費量および用途

別構成比率を予測するモデルを作成し、そのモデルの解釈を通じて世帯間にエネルギー消費の差異が生じる要因を分析した。

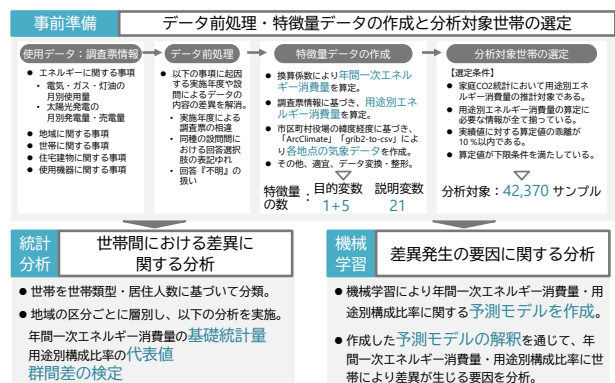


図1 分析フロー

【研究開発の結果】

①世帯間における差異に関する統計分析

年間一次エネルギー消費量および用途構成について、省エネ基準の地域の区分³⁾ごとに各世帯群におけるエネルギー消費の特徴や世帯群間の差異を明らかにした。

（図2、図3）。なお、用途別構成比率のような定数と制約があるデータを適切に扱うため、組成データ解析の手法一つである「対数比変換」⁴⁾を採用した。

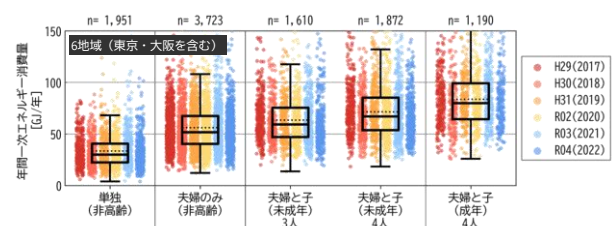


図2 年間一次エネルギー消費量の分布（6地域）

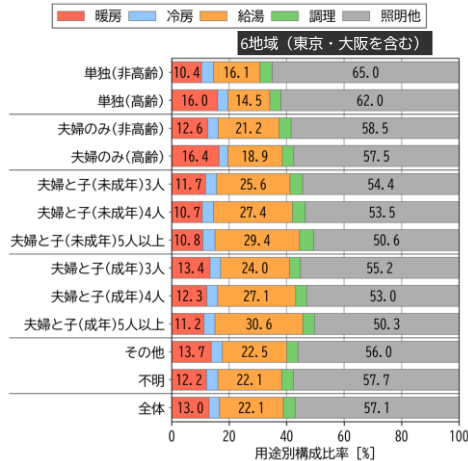


図3 用途別構成比率の代表値の推定結果（6地域）

②機械学習を用いた差異の発生要因に関する分析

作成した機械学習モデルによる予測における各特徴量の寄与を、SHAP（SHapley Additive exPlanations）により評価した。本分析で用いた SHAP⁵⁾ は、協力ゲーム理論の Shapley 値の概念を応用し、機械学習モデルによる予測における各特徴量（説明変数）の寄与度を算出する手法である。

また、特徴量ごとに SHAP 値の絶対値の平均（特徴量重要度）を算出することで、予測に対する各特徴量の相対的な重要度を把握した。さらに、特徴量をその内容的な性質に基づいて複数の要因に分類した上で、各要因に属する特徴量の SHAP 値の平均値を算出し、要因ごとの予測における寄与の方向性と大きさを評価した。

分析結果の一例として、年間一次エネルギー消費量に関する結果を以下に示す（図4、表1、図5）。

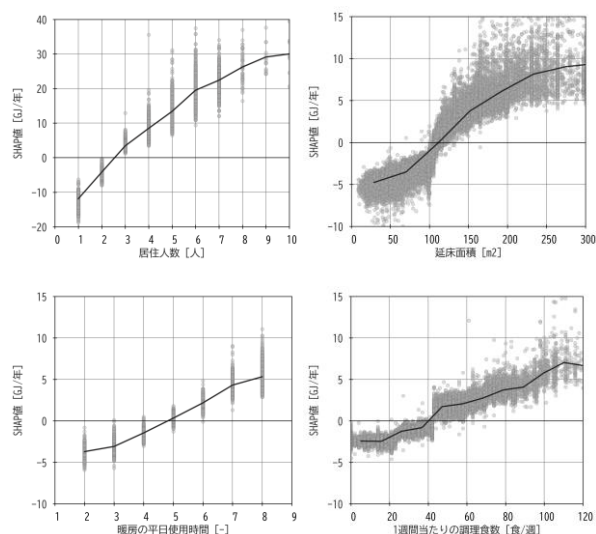
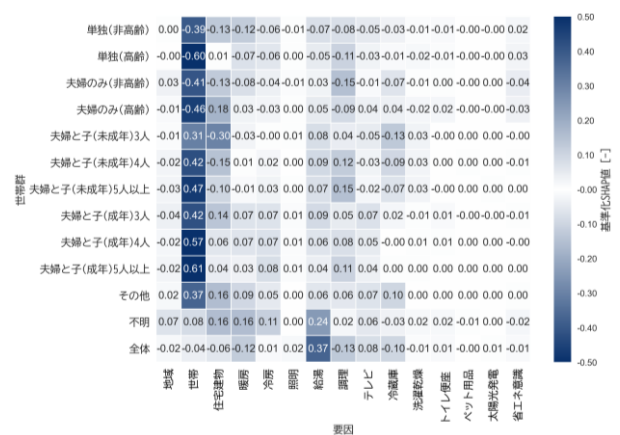


図4 SHAP 値の分布（年間一次エネルギー消費量）

表1 SHAP 値に基づく特徴量重要度
（年間一次エネルギー消費量）

順位	特徴量	特徴量重要度 [GJ/年]	割合 [%]
1	居住人数	6.83	9.60
2	延床面積	3.58	5.03
3	ガス給湯機・ガス風呂がまの使用有無	2.86	4.02
4	暖房の仕方	2.67	3.75
5	電気温水器の使用有無	2.61	3.67
6	暖房居室数	2.44	3.43
7	主暖房機器	2.16	3.04
8	暖房の平日使用時間	2.13	2.99
9	1週間当たりの調理食数	1.84	2.59
10	省エネ行動の実施割合	1.66	2.33

※割合：特徴量重要度の総和に対する各特徴量重要度の割合



※各世帯群において、要因ごとの平均 SHAP 値の絶対値の総和を算出し、それぞれの平均 SHAP 値をその総和で除することにより基準化。

図5 世帯群ごとの要因別基準化 SHAP 値
（年間一次エネルギー消費量）

①②の成果は、論文等の学会発表によって、社会的・学術的に広く公表された。

【参考文献】

- 1) 経内閣府男女共同参画局：男女共同参画白書 令和5年版，2023
- 2) 環境省：家庭部門のCO2排出実態統計調査（家庭CO2統計）
- 3) 国土交通省：建築物エネルギー消費性能基準等を定める省令における算出方法等に係る事項、平成28年国土交通省告示第265号
- 4) Aitchison, J.: The statistical analysis of compositional data, Chapman and Hall, London, 1986
- 5) Scott Lundberg, Su-In Lee: A Unified Approach to Interpreting Model Predictions, Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems, 2017.1